

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:)
Kentaro NAKAMURA, et al.)
Serial No.: To be assigned) Group Art Unit: Unassigned
Filed: March 8, 2001) Examiner: Unassigned
For: BIDIRECTIONALLY)
TRANSMITTABLE OPTICAL)
WAVELENGTH DIVISION)
MULTIPLEXED TRANSMISSION))
SYSTEM)

JC600 U.S. PRO
09/00091
03/08/01

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. §1.55**

*Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231*

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. §1.55, the applicant submits herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2000-321666
Filed: October 20, 2000.

It is respectfully requested that the applicant be given the benefit of the foreign filing date as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. §119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

By: _____
James D. Halsey, Jr.
Registration No. 22,729

Date: March 8, 2001

By:

700 Eleventh Street, N.W.
Suite 500
Washington, D.C. 20001
(202) 434-1500



JC600 U.S. PRO
09/000891
03/08/01



PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application: October 20, 2000

Application Number: Patent Application
No. 2000-321666

Applicant(s): FUJITSU LIMITED

December 22, 2000

Commissioner,
Patent Office Kozo OIKAWA

Certificate No. 2000-3105886

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application:

2000年10月20日



出願番号
Application Number:

特願2000-321666

出願人
Applicant(s):

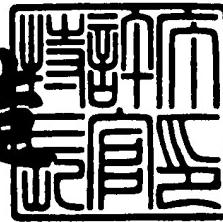
富士通株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年12月22日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3105886

【書類名】 特許願

【整理番号】 0051432

【提出日】 平成12年10月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G04B 10/17

【発明の名称】 双方向伝送可能な光波長分割多重伝送システム

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通
株式会社内

【氏名】 中村 健太郎

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通
株式会社内

【氏名】 寺原 隆文

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通
株式会社内

【氏名】 熊迫 淳一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通
株式会社内

【氏名】 ライナー ハインベルガー

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100074099

【住所又は居所】 東京都千代田区二番町8番地20 二番町ビル3F

【弁理士】

【氏名又は名称】 大菅 義之

【電話番号】 03-3238-0031

【選任した代理人】

【識別番号】 100067987

【住所又は居所】 神奈川県横浜市鶴見区北寺尾 7-25-28-503

【弁理士】

【氏名又は名称】 久木元 彰

【電話番号】 045-573-3683

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012542

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705047

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 双方向伝送可能な光波長分割多重伝送システム

【特許請求の範囲】

【請求項1】 上りの信号光と下りの信号光を1回線で送信する双方向光波長分割多重伝送システムにおいて、

該上りの信号光を第1の帯域に設定して送信し、該下りの信号光を該第1の帯域とは異なる第2の帯域に設定して送信する送信手段と、

該第1の帯域の該上りの信号光のみを励起する第1の励起光源と、該第2の帯域の該下りの信号光のみを励起する第2の励起光源とを備えた増幅手段と、
を備えることを特徴とする光波長分割多重伝送システム。

【請求項2】 前記増幅手段は、分布ラマン増幅することを特徴とする請求項1に記載の光波長分割多重伝送システム。

【請求項3】 前記第1の励起光源は、前記第1の帯域の前記上りの信号光を後方励起により増幅し、前記第2の励起光源は、前記第2の帯域の前記下りの信号光を後方励起により増幅することを特徴とする請求項1に記載の光波長分割多重伝送システム。

【請求項4】 前記第1及び第2の励起光源は、それぞれ波長の異なる複数の光源から構成されることを特徴とする請求項1に記載の光波長分割多重伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、双方向伝送可能な波長分割多重伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来の技術では、双方向の波長分割伝送システムにおいて信号光の光増幅を実現するために以下のようない方法を用いていた。一つは2本の光ファイバを用い全二重通信において双方向の波長分割多重伝送を行う方法である。もう一つは、例えば、特開平11-284576号公報に示されるように、一本の光ファイバを

伝送する信号光をWDMカプラやサーチュレータを用いて各波長帯域に分波した後、離散増幅器にて光増幅を行う方法である。また、特開平6-222412号後方に記載されている技術では、上りと下りで同じ帯域を用いて、分布増幅器で両方向励起を行っている。すなわち、1ファイバによる双方向のWDM伝送に分布増幅を適用した場合、励起光源が伝送路の両端に配置されるため、信号光が前方と後方の両方向から励起されていた。

【0003】

なお、ここで、分布増幅器とは、伝送路そのものの性質を利用し、光信号を伝送しながら増幅するものである。この例として、分布ラマン増幅がある。一方、離散増幅器は、伝送路とは別の増幅媒体を用意し、これを用いて増幅する増幅器であり、例えば、EDFA等である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

長距離の光波長分割多重伝送システムにおいて、例えば、T.Terahara等著の“128x10.66Gbit/s Transmission over 840-km Standard SMF with 140-km Optical Repeater Spacing (30.4-dB loss) Employing Dual-band Distributed Raman Amplification”(OFC'00, PD28, 2000)に示されるように、分布増幅器は中継器間隔の拡張や光S/Nの向上、つまりは伝送距離の拡大のために有効であることが分かっている。

【0005】

しかしながら、分布増幅器を双方向通信に用いるためには以下のようないくつかの問題点がある。分布増幅器は、増幅方法として図6に示す信号光の方向に対し順方向に励起を行う前方励起と図7に示す逆方向に励起を行う後方励起がある。このうち、前方励起は以下の論文に示されるように、信号光と励起光が同じ方向に進むことにより、信号光と励起光の干渉が起こり伝送品質を劣化させる。

【0006】

論文：Yasuhiro Aoki, Shunji Kishida, and Kunihiko Washio著 “Stable cw backward Raman amplification in optical fibers by stimulated Brillouin scattering suppression”, Applied Optics, Vol.25, NO.

7, p.1056, 1986

この論文では、これらの伝送品質の劣化が後方励起により解決されることを示している。

【0007】

また、前方励起は伝送路光ファイバ内で励起光の光強度が入射信号光より大きくなるため、入射信号光の光強度によっては非線形光学効果の影響を大きく受けことになる。

【0008】

更に、一つの波長帯域内の多重された波長（チャネル）間で分布増幅器による利得偏差が生じる場合がある。

また、分布増幅器による利得が不足する場合、分布増幅器に加え、離散増幅器を用いて伝送を行う必要がある。

【0009】

本発明の課題は、一本の光ファイバ内で分布増幅器を用い、伝送品質の劣化を抑えた双方向通信可能な長距離光波長分割多重伝送システムを提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明の光波長分割多重伝送システムは、上りの信号光と下りの信号光を1回線で送信する双方向光波長分割多重伝送システムにおいて、該上りの信号光を第1の帯域に設定して送信し、該下りの信号光を該第1の帯域とは異なる第2の帯域に設定して送信する送信手段と、該第1の帯域の該上りの信号光のみを励起する第1の励起光源と、該第2の帯域の該下りの信号光のみを励起する第2の励起光源とを備えた分布増幅手段とを備えることを特徴とする。

【0011】

本発明によれば、1ファイバで双方向伝送を行う光波長多重システムにおいて、伝送品質の劣化を伴うことなく分布増幅器を使った信号光の増幅を行うことができる。

【0012】

【発明の実施の形態】

本発明の実施形態における双方向光波長分割多重伝送システムにおいては、上り方向、下り方向にそれぞれ別の波長帯域を割り当て、それぞれの波長帯域に対応した分布増幅器を用いる。

【0013】

2つの波長帯域の信号を、それぞれ上り方向、下り方向に割当て、それぞれの波長帯域を増幅する分布増幅器の励起光の進行方向をそれぞれの信号光の向きに対し、反対向きに設定することによって、それぞれの波長帯域に対しては後方励起のみを行うことになり、前方励起による伝送品質の劣化を受けずに双方向は光波長分割多重伝送システムを実現できる。

【0014】

更に、本発明の実施形態では、各波長帯域に対応する分布増幅器の励起光源を2つもしくはそれ以上にし、それらの波長、光強度を最適化する。

2つもしくはそれ以上の励起光源を用い、それらの波長及び光強度を最適化することにより、一つの波長帯域内の多重された波長（チャネル）間での分布増幅器による利得偏差を少なくした双方向光波長分割多重システムを実現できる。

【0015】

また、上記システムの片端、もしくは、両端に2つの波長選択型合分波器の間に向きを正対させた、それぞれの波長帯域に対応する離散増幅器を挟んだ増幅ノードを配置する。あるいは、2つの多層膜フィルタの間に向きを正対させたそれぞれの波長帯域に対応する離散増幅器を挟んだ増幅ノードを配置する。もしくは、2つのサーチュレータの間に向きを正対させたそれぞれの波長帯域に対応する離散増幅器を挟んだ増幅ノードを配置する。

【0016】

このように増幅ノードを配置することにより、それぞれの波長帯域に対し、個別に離散増幅器を適用することが出来るため、分布増幅器の利得が少ない場合でも長距離の双方向光波長分割多重伝送システムを実現できる。

【0017】

図1は、本発明の一実施形態を説明する図である。

使用する波長帯域はC-band、及び、L-bandとし、上り方向をC-band、下り方向をL-bandに割り当てる。ここで、C-bandは波長帯域を1529.55nm～1563.86nm、L-bandは波長帯域を1567.95nm～1604.03nmとする。また、C-bandを分布増幅する励起光の波長は1435nm～1445nmとし、L-bandを分布増幅する励起光の波長を1475nm～1485nmとする。

【0018】

伝送路ファイバ内にはC-bandの信号の向きと同じ向き（上り方向）でL-band用励起光が合波されてるが、C-bandの信号は励起される波長帯域が異なるため、この影響は受けず、伝送路ファイバ内で、C-band用分布ラマン励起光源による後方励起によってのみ増幅され伝送される。L-bandの信号も同様に伝送路ファイバ内をL-band用分布ラマン励起光源による後方励起によってのみ増幅され、下り方向へ伝送する。

【0019】

すなわち、C-band信号光は、図1の左から合分波器11に入力されると共に、合分波器11において、L-band用励起光源10から出力されたL-band用励起光と合波される。そして、C-band信号光とL-band励起光は、共に、伝送路光ファイバ12に入力される。しかし、L-band励起光は、C-band信号光を増幅するようには設定されていないので、C-band信号は、L-band励起光によっては励起されない。ラマン増幅器の場合には、伝送路光ファイバ12の非線形効果であるラマン散乱を利用して光信号を増幅する。このとき、増幅されるべき光信号は、励起光より100nm程度上の波長を有している必要がある。この値は、通常の伝送路光ファイバ12であれば、ファイバの種類によってそれほど変化しない値である。従って、L-band励起光の波長より100nm程度上の波長の帯域にC-band信号光が無ければ、C-band信号光は、L-band励起光によって増幅されることはない。

【0020】

一方、合分波器13には、C-band用励起光源14からのC-band励

起光が入力され、C-band信号光とは反対の進行方向で伝送路光ファイバ12に入力されている。C-band励起光の波長は、C-band信号光の波長帯域より、約100nm下の波長となるように設定されている。従って、C-band信号はラマン散乱の効果により、C-band励起光からエネルギーを得て、増幅される。C-band信号光とC-band励起光の関係は後方励起の関係となっている。このようにして増幅されたC-band信号光は、合分波器13を介して出力される。

【0021】

同様に、L-band信号光とC-band励起光は合分波器13によって合波されるが、L-band信号光は、C-band励起光よりも約100nm上の帯域には存在しないように設定するので、C-band励起光によっては励起されない。一方、合分波器11によって、伝送路光ファイバ12に入力されるL-band励起光は、合分波器13側から伝送路光ファイバ12に入力されるL-band信号光の帯域よりも約100nm低い波長を有しているので、L-band信号光をラマン散乱の効果により増幅する。このときも、L-band励起光とL-band信号光との関係は後方励起の関係である。

【0022】

図2は、本発明の第2の実施形態を示す図である。

図2の構成においては、図1の構成に加えて励起光源を2つ用いている。従つて、図1と同じ構成要素には同じ参照符号を付している。

【0023】

C-band信号光を分布増幅器によって増幅する場合の励起光の波長は1435nm～1445nmの中の値を用い、L-bandを分布増幅器によって増幅する場合の励起光の波長は1475nm～1485nmの中の値を用い、それらはそれぞれ受信された信号光の利得偏差を観察しながら、光強度とともに最適化される。

【0024】

すなわち、励起光によって増幅される信号光は、励起光の波長より約100nm上の波長帯域の信号であるので、例えば、図2のように、2つの励起光源を用

いる場合には、波長多重光である信号光の下半分の波長帯域を一方の励起光で増幅し、上半分の波長帯域を他方の励起光で増幅するというように、励起光が増幅を担当する信号光を分けるようにする。図2で言えば、C-band信号光の下半分の増幅をC-band用励起光源14-1に担当させ、上半分の増幅をC-band用励起光源14-2に担当させるようとする。すると、C-band内の上半分の信号光の利得と下半分の信号光の利得に差分が生じている場合には、C-band用励起光源14-1、14-2の光強度を調整することによって、この差分を小さくすることが出来る。すなわち、フラットな增幅利得を得ることが出来る。

【0025】

同様に、L-band信号光も波長の上側と下側に分けて、例えば、波長の上側をL-band用励起光源10-1に担当させ、波長の下側をL-band用励起光源10-2に担当させるようとする。

【0026】

L-band用励起光源10-1、10-2の励起光は、カプラ15によって合波され、合分波器11に入力されて、伝送路光ファイバ12に送信される。同様に、C-band用励起光源14-1、14-2の励起光は、カプラ16によって合波され、合分波器13に入力されて、伝送路光ファイバ12に送信される。

【0027】

また、図2の構成においては、各バンドの励起光は2つずつとしたが、必ずしも2つである必要はなく、より多くの3つや4つ設けても良い。このように、多くの励起光を設けることにより、より細かくラマン増幅の利得差分を調整することが出来るようになる。ただし、励起光が増幅する信号光の波長は、励起光の波長より約100nm上の波長であることに留意して励起光の波長を設定する必要がある。

【0028】

図3は、本発明の第3の実施形態を示す図である。

図3においては、実線の矢印の向きにC-bandの信号が伝送され、破線の

矢印の向きに L-band が伝送されるとする。今 C-band を例に取ると、C-band 用送信器から送信された C-band 信号光は WDM カプラ 20（あるいは、波長選択型合分波器）にて分波され、C-band 用 EDFA にて増幅され、再度 WDM カプラ 20 にて合波される。合波された信号は伝送路光ファイバ 12 へ入射し、ラマン増幅作用にて増幅される。このとき、C-band 信号光を増幅するのに使用される励起光は、励起レーザ 23 からの励起光である。その後、WDM カプラ 21 によって L-band 信号光と分波され、C-band 用 EDFA によって増幅された後、更に、WDM カプラ 21 によって合波されて伝送され C-band 用受信器にて受信される。

【0029】

L-band も同様である。すなわち、L-band 用送信器から送信された L-band 信号光は、WDM カプラ 21 によって分波され、L-band 用 EDFA によって増幅された後、WDM カプラ 21 によって合波され、伝送路光ファイバ 12 において、励起レーザ 22 の励起光によって増幅される。そして、WDM カプラ 20 において、再び分波され、L-band 用 EDFA によって増幅された後、WDM カプラ 20 によって合波され、伝送されて、L-band 用受信器によって受信される。

【0030】

このように、分布ラマン増幅と EDFA を組み合わせることにより、分布ラマン増幅の増幅率が十分でないときでも、信号光を十分増幅することが出来る。

図 4 は、図 3 の実施形態の変形例を示す図である。

【0031】

図 4 は、図 3 の WDM カプラを多層膜フィルタに置き換えたものである。

図 4 においても、実線の矢印の向きに C-band の信号光が伝送され、破線の矢印の向きに L-band の信号光が伝送されるとする。

【0032】

今 C-band を例に取ると、C-band 用送信器から送信された信号は多層膜フィルタ 20a にて分波され、C-band 用 EDFA にて増幅され、再度多層膜フィルタ 20a によって合波される。合波された信号は伝送路光ファイバ

12へ入射し、ラマン増幅作用にて分布増幅される。このとき、C-band信号光を増幅する励起光は、励起レーザ23からの励起光である。その後同様に、多層膜フィルタ21aとC-band用EDFAによって増幅され、伝送されて、C-band用受信器にて受信される。

【0033】

L-bandも同様である。すなわち、多層膜フィルタ21aとL-band用EDFAによって構成される離散増幅器によって増幅された後、伝送路光ファイバ12に伝送されて、励起レーザ22の励起光によってラマン増幅され、再び、多層膜フィルタ20aとL-band用EDFAによる離散増幅器によって増幅され、送出されて、L-band用受信器によって受信される。

【0034】

図5は、図3の実施形態の更なる変形例を示す図である。

図5は、図3のWDMカプラをサーチュレータに置き換えたものである。実線の矢印の向きにC-bandの信号光が伝送され、破線の矢印の向きにL-bandの信号光が伝送される。

【0035】

今C-bandを例に取ると、C-band用送信器から送信されたC-band信号光はサーチュレータ20bにてC-band用EDFAに入力され、増幅される。そして、再びサーチュレータ20bを通って、伝送路光ファイバ12へ進む。この信号光は伝送路光ファイバ12において、励起レーザ23の励起光によってラマン増幅作用にて分布増幅される。その後同様に、サーチュレータ21bを介してC-band用EDFAによって増幅され、サーチュレータ21bを介して伝送されC-band用受信器にて受信される。

【0036】

L-bandも同様である。L-band用送信器から送信されたL-band信号光は、サーチュレータ21bを介してL-band用EDFAによって増幅され、サーチュレータ21bを介して伝送路光ファイバ12に入力される。伝送路光ファイバ12では、L-band信号光は、励起レーザ22によってラマン増幅され、サーチュレータ20bに入力する。そして、L-band EDFA

によって増幅された後、サーチュレータ20bを介して送出され、L-band用受信器によって受信される。

【0037】

図5の実施形態においては、サーチュレータを用いて、L-bandとC-bandの信号光を分離している。サーチュレータは、信号光の進行方向に従つて、信号光を分離するものであるので、多層膜フィルタやWDMカプラのような波長によって信号光を分離するものに比べ、波長特性などの揺らぎなどによる装置の特性の劣化を少なく抑えることが出来る。

【0038】

また、図3～図5の実施形態においては、ラマン増幅はいずれも後方励起によって行う構成となっている。

(付記1) 上りの信号光と下りの信号光を1回線で送信する双方向光波長分割多重伝送システムにおいて、
該上りの信号光を第1の帯域に設定して送信し、該下りの信号光を該第1の帯域とは異なる第2の帯域に設定して送信する送信手段と、
該第1の帯域の該上りの信号光のみを励起する第1の励起光源と、該第2の帯域の該下りの信号光のみを励起する第2の励起光源とを備えた分布増幅手段と、
を備えることを特徴とする光波長分割多重伝送システム。

【0039】

(付記2) 前記分布増幅手段は、分布ラマン増幅することを特徴とする付記1に記載の光波長分割多重伝送システム。

(付記3) 前記第1の励起光源は、前記第1の帯域の前記上りの信号光を後方励起により増幅し、前記第2の励起光源は、前記第2の帯域の前記下りの信号光を後方励起により増幅することを特徴とする付記1に記載の光波長分割多重伝送システム。

【0040】

(付記4) 前記第1及び第2の励起光源は、それぞれ波長の異なる複数の光源から構成されることを特徴とする付記1に記載の光波長分割多重伝送システム

【0041】

(付記5) 前記分布増幅手段の片端あるいは両端に、
前記上りの信号光と前記下りの信号光を分離・合波する波長選択型合分波手段
と、
各帯域の信号光を増幅する離散増幅手段と、

を備えることを特徴とする付記1に記載の光波長分割多重伝送システム。

【0042】

(付記6) 前記分布増幅手段の片端あるいは両端に、
前記上りの信号光と前記下りの信号光を分離・合波する多層膜フィルタ手段と

各帯域の信号光を増幅する離散増幅手段と、
を備えることを特徴とする付記1に記載の光波長分割多重伝送システム。

【0043】

(付記7) 前記分布増幅手段の片端あるいは両端に、
前記上りの信号光と前記下りの信号光を分離・合波するサーチュレータ手段と

各帯域の信号光を増幅する離散増幅手段と、
を備えることを特徴とする付記1に記載の光波長分割多重伝送システム。

【0044】

【発明の効果】

本発明によれば、伝送品質の劣化を抑えて、分布増幅器を使用した双方向波長
分割多重光伝送システムを構成することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施形態を説明する図である。

【図2】

本発明の第2の実施形態を示す図である。

【図3】

本発明の第3の実施形態を示す図である。

【図4】

図3の実施形態の変形例を示す図である。

【図5】

図3の実施形態の更なる変形例を示す図である。

【図6】

前方励起を説明する図である。

【図7】

後方励起を説明する図である。

【符号の説明】

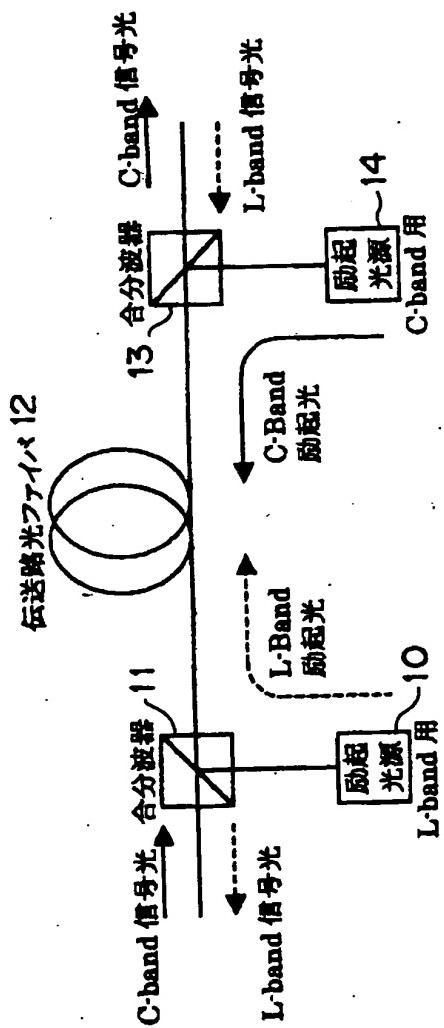
10、10-1、10-2	L-band用励起光源
11、13	合分波器
12	伝送路光ファイバ
14、14-1、14-2	C-band用励起光源
15、16	カプラ
20、21	WDMカプラ
22、23	励起レーザ
20a、21a	多層膜フィルタ
20b、21b	サーチュレータ

【書類名】

図面

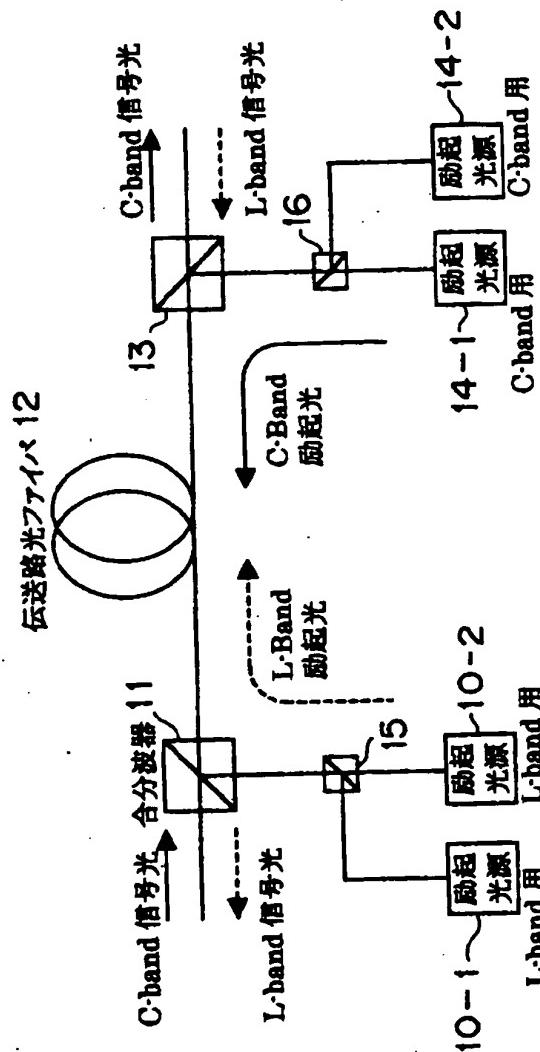
【図1】

本発明の一実施形態を説明する図



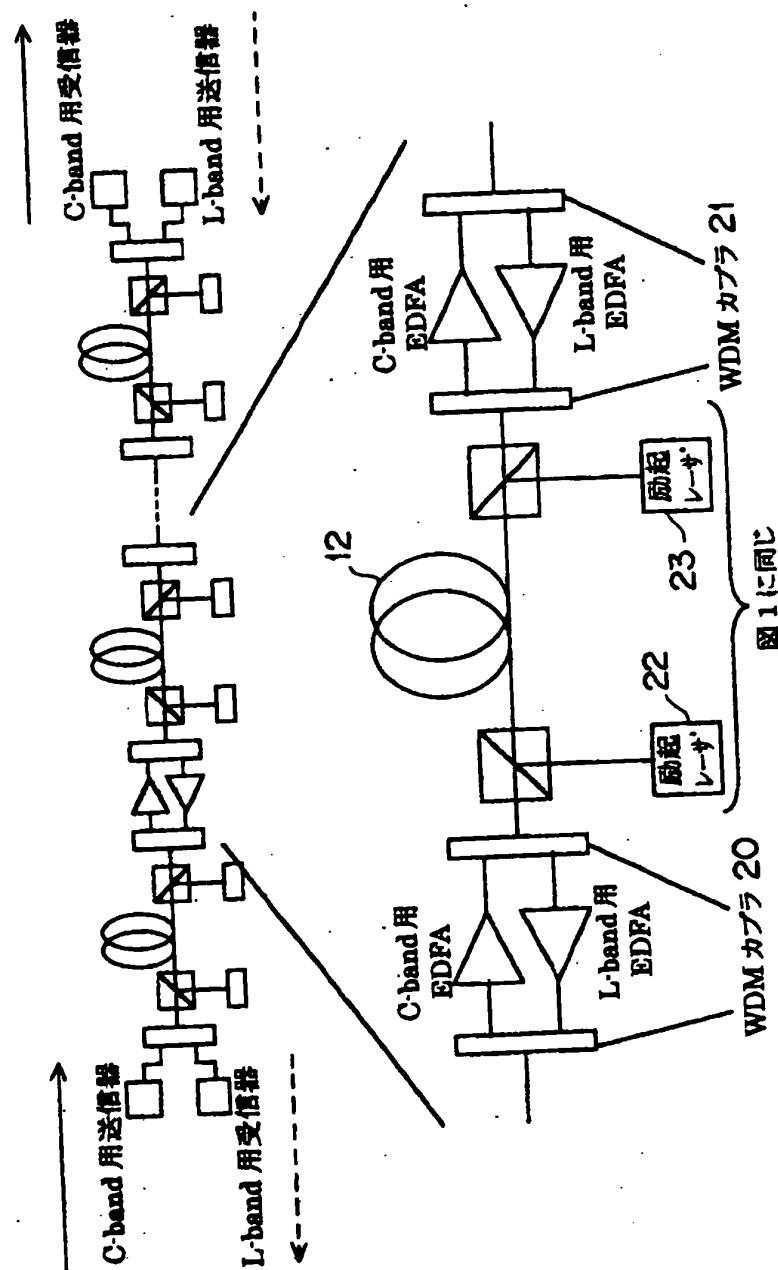
【図2】

本発明の第2の実施形態を示す図



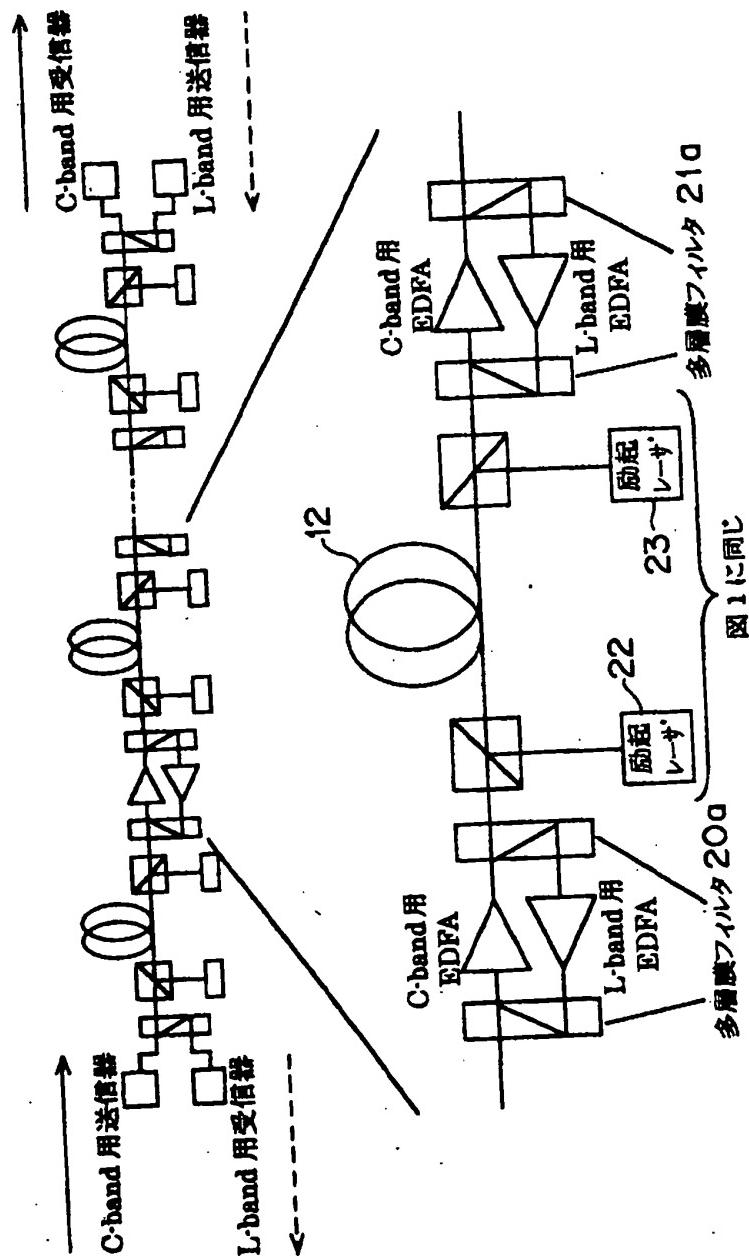
【図3】

本発明の第3の実施形態を示す図



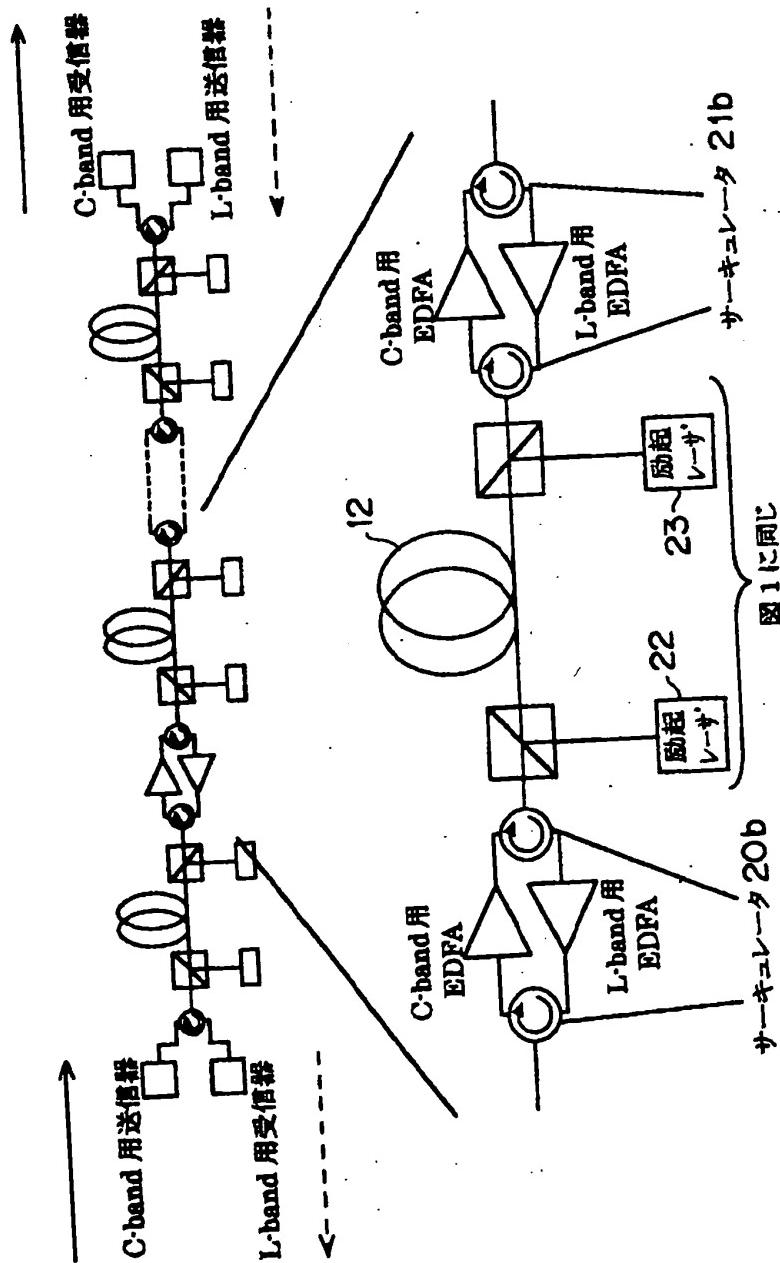
【図4】

図3の実施形態の変形例を示す図



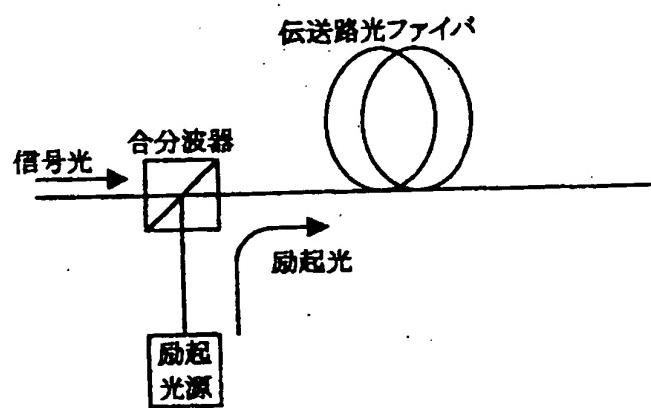
【図5】

図3の実施形態の更なる変形例を示す図



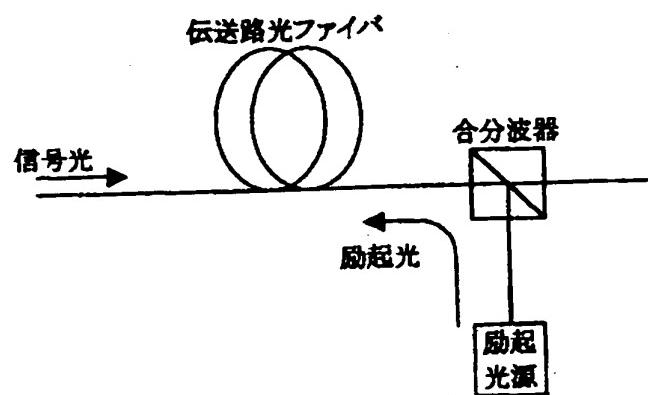
【図6】

前方励起を説明する図



【図7】

後方励起を説明する図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 一本の光ファイバ内で分布増幅器を用い、伝送品質の劣化を抑えた双方
向通信可能な長距離光波長分割多重伝送システムを提供する。

【解決手段】 上りの信号光と下りの光信号にそれぞれ異なる帯域（C-band
とL-band）を割り当てる。ラマン増幅を行う伝送路光ファイバ12においては、C-bandの信号光はC-band用励起光源14からの励起光によって、L-bandの信号光はL-band用励起光源10からの励起光によって、増幅される。この構成により、ラマン増幅においては、上りも下りも後方励起
によって増幅することになるので、前方励起が奏するとされる信号光への悪影響
を避けることが出来る。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏 名 富士通株式会社